Κοσμολογία για παιδιά

Γιώργος Χριστοδουλίδης

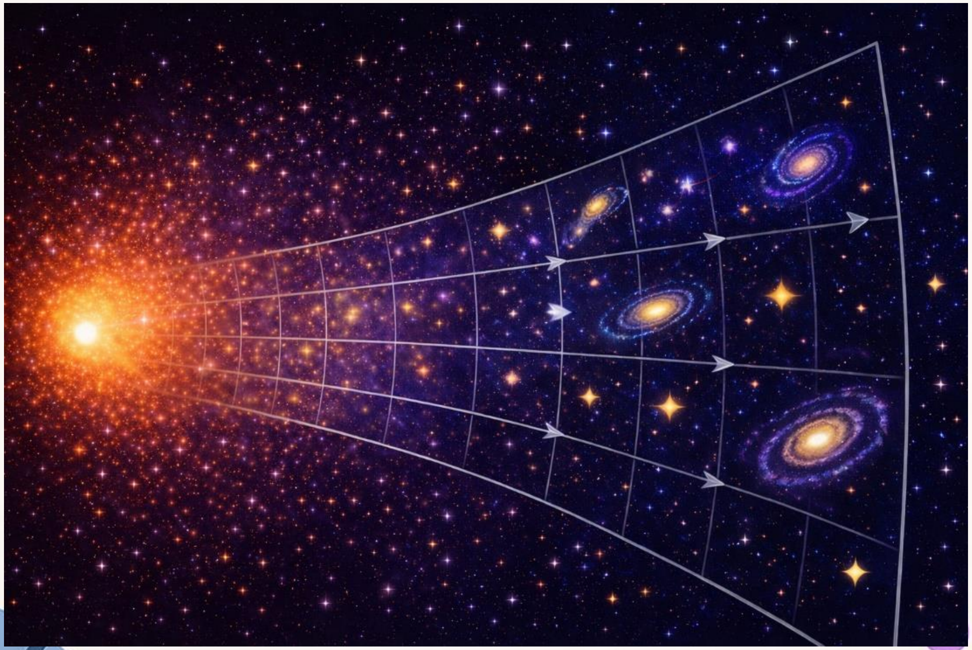
Στη μνήμη του νονού μου Τύχωνα

Ο Γιώργος Χριστοδουλίδης είναι καθηγητής Φυσικής στη δημόσια μέση εκπαίδευση και υπηρετεί στο Γυμνάσιο Αποστόλου Παύλου στην Πάφο. Εντάχθηκε στη Δημόσια Εκπαιδευτική Υπηρεσία το 2009. Είναι κάτοχος πτυχίου BSc Φυσικής, μεταπτυχιακού MSc στην Ιατρική Φυσική, MSc στην Αστροφυσική και MPhil στην Αστροφυσική.

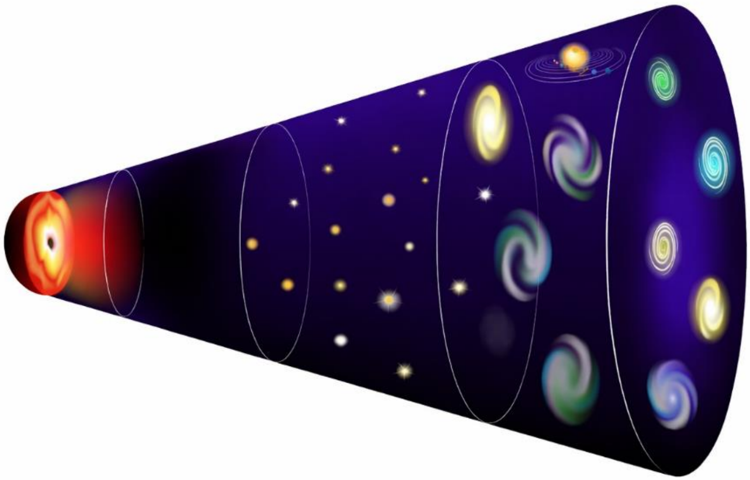
Η αγάπη του για την επιστήμη τον οδήγησε στη συγγραφή αυτού του βιβλίου, με στόχο να φέρει τα παιδιά πιο κοντά στο Σύμπαν με έναν απλό, κατανοητό και ευχάριστο τρόπο. Πιστεύει ότι η γνώση πρέπει να είναι προσβάσιμη σε όλους και ότι η περιέργεια των παιδιών είναι το πρώτο βήμα για τη δημιουργία του αυριανού επιστήμονα.
Το βιβλίο αυτό δημιουργήθηκε και διανέμεται δωρεάν, ως μια προσφορά προς τους μαθητές και κάθε παιδί που θέλει να ανακαλύψει για την Κοσμολογία. Στόχος του είναι να εμπνεύσει, να καλλιεργήσει τη φαντασία και να δείξει ότι η επιστήμη δεν είναι δύσκολη, αλλά μια συναρπαστική περιπέτεια γνώσης.

Η Μεγάλη Έκρηξη: Η μαγική αρχή του Σύμπαντος

Το Σύμπαν ξεκίνησε πριν από πάρα πολύ καιρό από μια απίστευτα μικρή, πολύ πυκνή και πολύ ζεστή αρχική κατάσταση, όπου υπήρχαν όλη η ύλη και η ενέργεια μαζί.

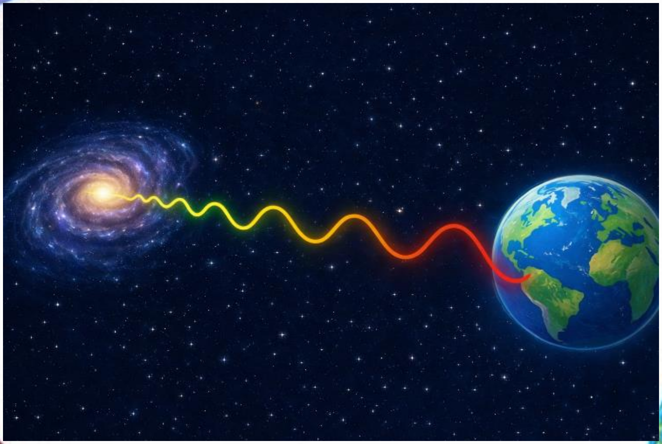


Από εκείνη τη στιγμή δημιουργήθηκαν ο χώρος και ο χρόνος και το Σύμπαν άρχισε να μεγαλώνει και να απλώνεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτή η αρχή και η συνεχής επέκταση του Σύμπαντος ονομάζεται Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang).

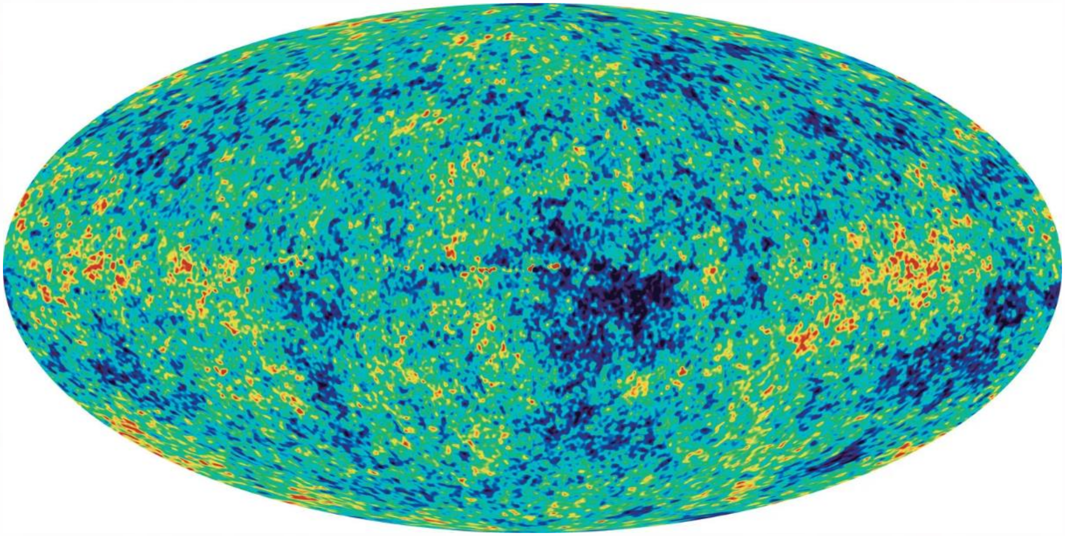


Η Μεγάλη Έκρηξη συνέβη επειδή το φως από μακρινούς γαλαξίες φτάνει σε εμάς τεντωμένο. Αυτό είναι παρόμοιο με τον ήχο ενός τρένου: όταν απομακρύνεται, ο ήχος του αλλάζει. Με τον ίδιο τρόπο, καταλαβαίνουμε ότι οι γαλαξίες απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον.

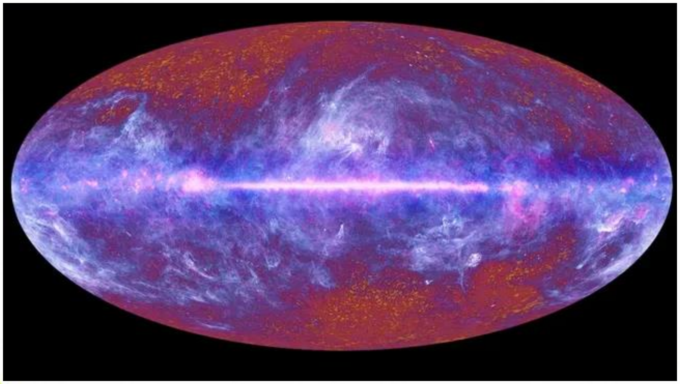
Αν γυρίσουμε τον χρόνο πίσω, αυτό σημαίνει ότι κάποτε όλα στο Σύμπαν ήταν μαζί στην αρχή.



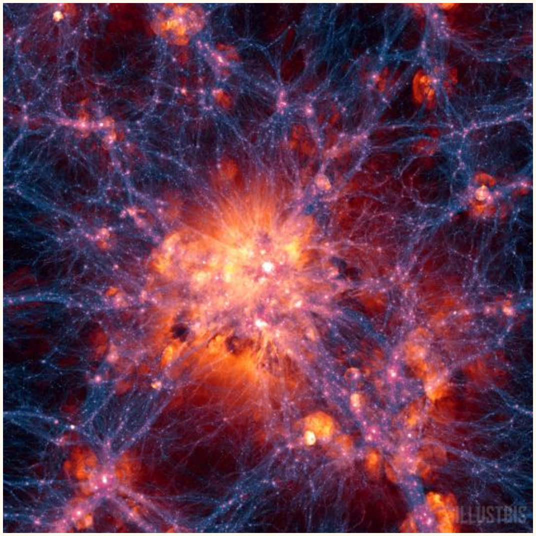
Σε όλο τον ουρανό βλέπουμε ένα πολύ αχνό φως που έρχεται από την αρχή του Σύμπαντος. Αυτό το φως λέγεται Κοσμική Μικροκυματική Ακτινοβολία (Cosmic Microwave Background).



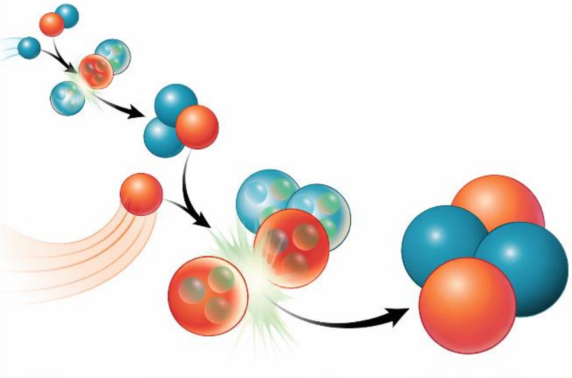
Το Cosmic Microwave Background υπάρχει παντού στο Σύμπαν. Όταν το Σύμπαν ήταν πολύ μικρό και πολύ ζεστό, το φως δεν μπορούσε να ταξιδέψει ελεύθερα. Όταν όμως το Σύμπαν μεγάλωσε και κρύωσε, το φως ελευθερώθηκε και ταξιδεύει μέχρι σήμερα. Δεν μπορούμε να το δούμε με τα μάτια μας, γιατί δεν είναι στο ορατό φως, αλλά στα μικροκύματα.



Οι επιστήμονες τρέχουν σε υπολογιστές την εξέλιξη του σύμπαντος με τις συνθήκες μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Οι προσομοιώσεις δημιουργούν ένα σύμπαν όπου οι γαλαξίες αποτελούνται από την ίδια ποσότητα ύλης, έχουν το ίδιο μέγεθος και η απόσταση των γαλαξιών είναι η ίδια στην προσομοίωση με αυτούς που παρατηρούμε με τηλεσκόπια.

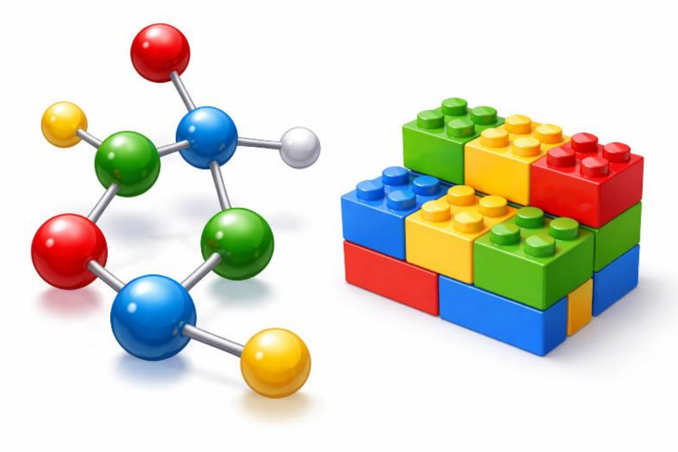


Οι αρχικές φυσικές συνθήκες της Μεγάλης Έκρηξης και οι νόμοι που επικρατούσαν καθορίζουν την κατάσταση στα πρώτα λεπτά του Σύμπαντος.
Οι συνθήκες της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης δίνουν τις σωστές ποσότητες των χημικών στοιχείων που παρατηρούμε, όπως το υδρογόνο, το ήλιο, το δευτέριο που είναι βαρύ υδρογόνο και το λίθιο.



Άτομα: Μικροσκοπικά σωματίδια που φτιάχνουν τα πάντα

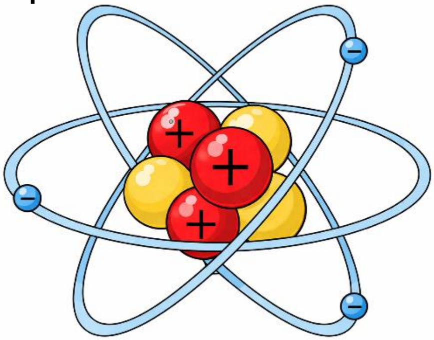
Τα πάντα γύρω μας, τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια αποτελούνται από πολύ μικρά κομματάκια ύλης. Αυτά είναι τόσο μικρά που δεν μπορούμε να τα δούμε με τα μάτια μας. Τα μικροσκοπικά αυτά κομμάτια λέγονται άτομα. Τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους, σαν μικρά τουβλάκια, και έτσι δημιουργούν όλα τα αντικείμενα που βλέπουμε γύρω μας.



Αν και τα άτομα είναι πολύ μικρά, αποτελούνται και αυτά από ακόμη μικρότερες μπαλίτσες ύλης.

Στο κέντρο ενός ατόμου υπάρχουν μεγαλύτερες μπαλίτσες, τα πρωτόνια και τα νετρόνια.

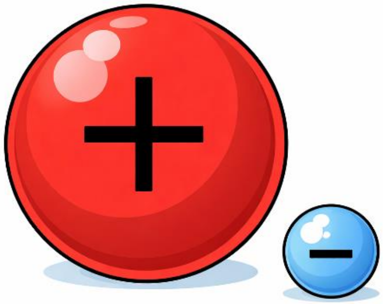
Γύρω από το κέντρο κινούνται πολύ μικρότερες μπάλίτσες, τα ηλεκτρόνια, που κάνουν κύκλους γύρω από το κεντρικό μέρος του ατόμου.



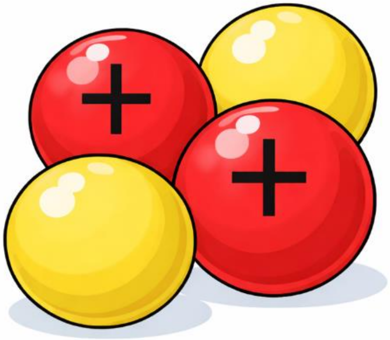
Τα πρωτόνια στο κέντρο έχουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο. Τα μικρότερα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο και τα νετρόνια στο κέντρο δεν έχουν φορτίο.

Τα θετικά και τα αρνητικά τραβούν το ένα το άλλο.

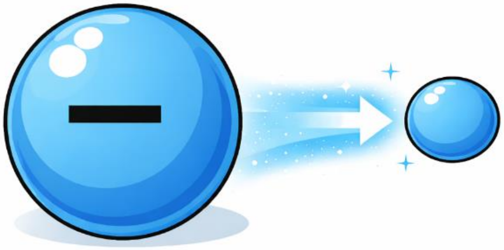
Τα αρνητικά ηλεκτρόνια γυρίζουν γύρω από το κέντρο του ατόμου επειδή τα τραβούν τα θετικά πρωτόνια.



Στη Γη τα άτομα έχουν τα ηλεκτρόνιά τους. Στο διάστημα όμως, πολλά άτομα χάνουν τα ηλεκτρόνια. Όταν ένα άτομο χάσει τα ηλεκτρόνιά του, γίνεται θετικό και το λέμε θετικό ιόν.

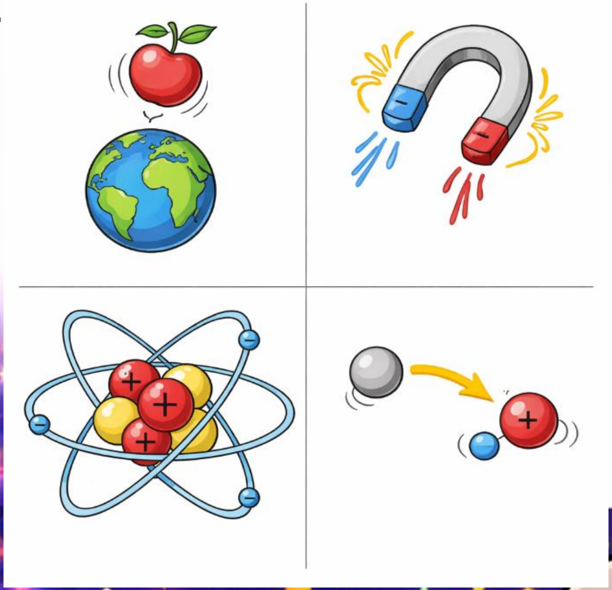


Το φως αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια, πολύ μικρότερα από τα ηλεκτρόνια των ατόμων. Το φως εκπέμπεται από τα ηλεκτρόνια. Το σωματίδιο του φωτός που εκπέμπεται από το ηλεκτρόνιο λέγεται φωτόνιο. Πολλά φωτόνια μαζί αποτελούν το φως που βλέπουμε.



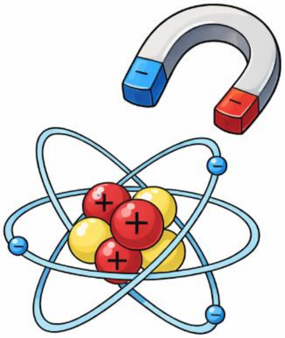
Οι 4 θεμελιώδεις δυνάμεις: Οι δυνάμεις που κρατούν το Σύμπαν μαζί

Στο σύμπαν μας υπάρχουν τέσσερις ξεχωριστές δυνάμεις που βοηθούν τα πάντα να λειτουργούν μαζί: η βαρύτητα, ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός, η ισχυρή δύναμη και η ασθενής δύναμη.

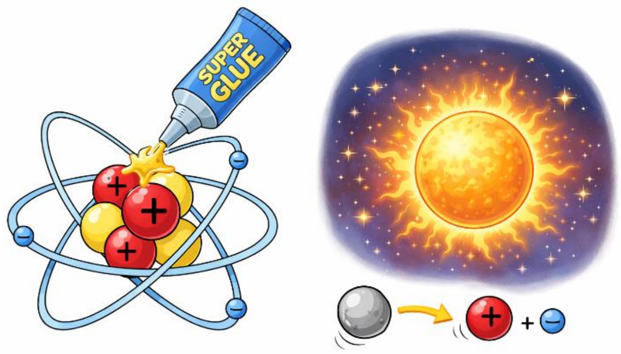


Η βαρύτητα είναι αυτή που τραβά τα πράγματα το ένα προς το άλλο, όπως η Γη κρατά τη Σελήνη κοντά της.
Η βαρύτητα προκαλείται από το υλικό των σωμάτων.

Ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός είναι πολύ πιο δυνατοί και βοηθούν τα μικροσκοπικά σωματίδια να ενώνονται και να φτιάχνουν τα άτομα.



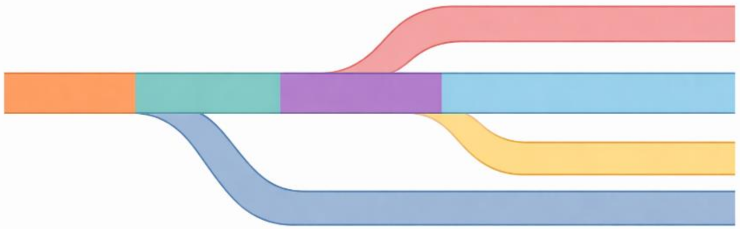
Η ισχυρή δύναμη είναι σαν μια σούπερ κόλλα που κρατά πολύ σφιχτά ενωμένο το κέντρο των ατόμων, ενώ η ασθενής δύναμη βοηθά τα άτομα να αλλάζουν μορφή και δίνει ενέργεια στα φωτεινά αστέρια στον ουρανό.



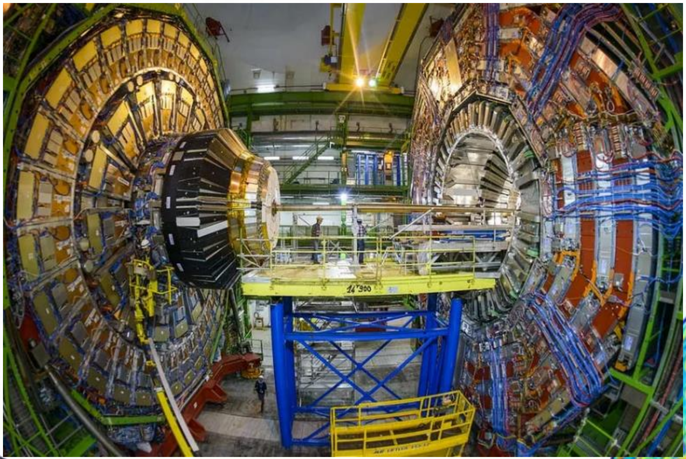
Οι 4 δυνάμεις του Σύμπαντος: Όταν όλες ήταν κάποτε μία

Στην αρχή του Σύμπαντος, λίγο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, υπήρχε μόνο μία δύναμη που τα έκανε όλα.

Καθώς το Σύμπαν μεγάλωνε και κρύωνε, αυτή η δύναμη άρχισε σιγά-σιγά να χωρίζεται. Πρώτα ξεχώρισε η βαρύτητα. Μετά εμφανίστηκε η ισχυρή πυρηνική δύναμη. Και στο τέλος, η ασθενής δύναμη χωρίστηκε από την ηλεκτρομαγνητική.

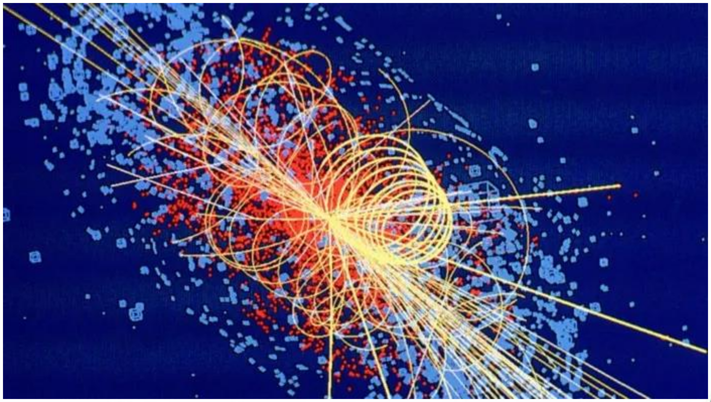


Οι επιστήμονες κάνουν πειράματα σε τεράστια εργαστήρια, όπως το CERN, όπου επιταχύνουν πολύ μικρά σωματίδια και τα συγκρούουν μεταξύ τους με απίστευτα μεγάλη ταχύτητα. Όταν αυτά συγκρούονται, δημιουργούνται συνθήκες με τεράστια ενέργεια και θερμοκρασίες παρόμοιες με εκείνες που υπήρχαν λίγο μετά τη γέννηση του σύμπαντος.



Σε αυτές τις συνθήκες, οι επιστήμονες παρατηρούν ότι οι δυνάμεις αρχίζουν να συμπεριφέρονται πιο παρόμοια, σαν να είναι διαφορετικές όψεις της ίδιας δύναμης.

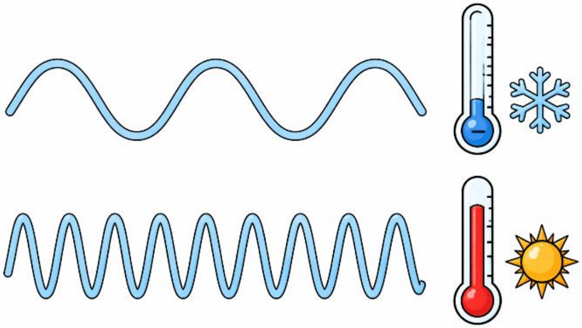
Παράλληλα, οι μαθηματικές θεωρίες που περιγράφουν τον κόσμο των σωματιδίων δείχνουν ότι όσο αυξάνεται η ενέργεια, οι διαφορές ανάμεσα στις 4 δυνάμεις μικραίνουν.



Κουάρκ:Τα πιο μικροσκοπικά τουβλάκια του κόσμου

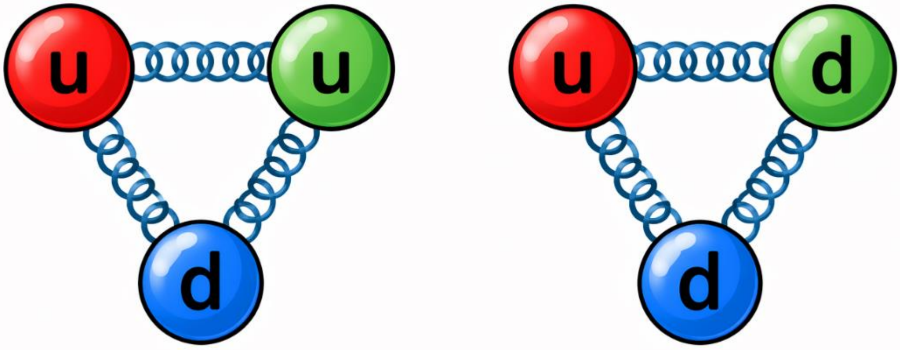
Τα κύματα του φωτός που είναι πιο μεγάλα (πιο μακριά) έχουν λιγότερη ενέργεια και αντιστοιχούν σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Τα πιο μικρά κύματα έχουν περισσότερη ενέργεια και αντιστοιχούν σε υψηλότερη θερμοκρασία.

Σήμερα, τα κύματα του φωτός έχουν γίνει μεγαλύτερα, επειδή έχουν «τεντωθεί» λόγω της διαστολής του Σύμπαντος. Αμέσως μετά τη Μεγάλη Έκρηξη ήταν πολύ μικρότερα, γιατί δεν είχαν προλάβει να τεντωθούν, είχαν πολύ περισσότερη ενέργεια και αντιστοιχούσαν σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες.



Στην αρχή του Σύμπαντος δεν είχε μόνο το φως υψηλή θερμοκρασία, αλλά και όλη η ύλη, γιατί φως και ύλη βρίσκονταν σε θερμική ισορροπία, δηλαδή είχαν την ίδια θερμοκρασία.

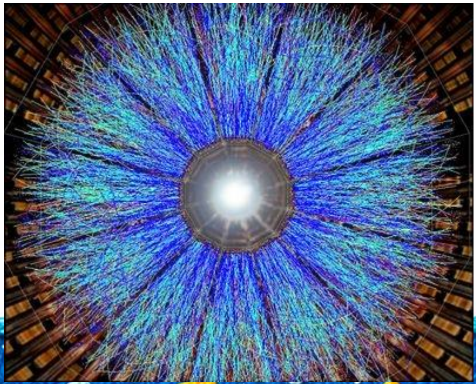
Όπως τα άτομα αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια, έτσι και τα πρωτόνια και τα νετρόνια αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια που λέγονται κουάρκ. Όταν τρία κουάρκ ενώνονται, σχηματίζουν ένα πρωτόνιο ή ένα νετρόνιο.



Στην αρχή του Σύμπαντος δεν υπήρχαν πρωτόνια και νετρόνια, γιατί τα κουάρκ δεν μπορούσαν να ενωθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν πρωτόνια και νετρόνια. Τα κουάρκ κινούνταν πολύ γρήγορα και δεν μπορούσαν να κολλήσουν για να σχηματίσουν αυτά τα σωματίδια.

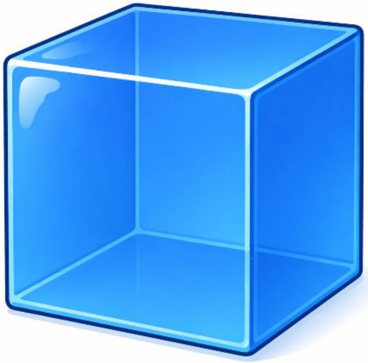
Στην αρχή του σύμπαντος όλη η ύλη ήταν μια θάλασσα από κουάρκ.

Σε πειράματα στη Γη δημιουργούμε παρόμοιες πολύ ζεστές συνθήκες και βλέπουμε ότι σε πολύ ψηλές θερμοκρασίες τα κουάρκ δεν ενώνονται.

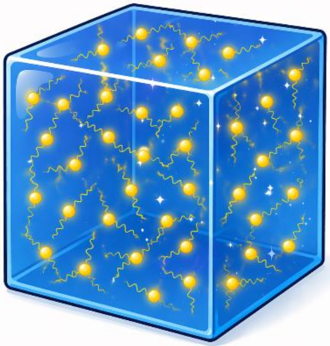


Το Ένα στο Δισεκατομμύριο: Πώς Λίγη Ύλη Δημιούργησε Όλο το Σύμπαν

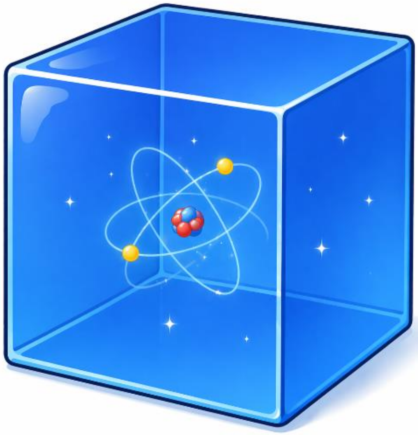
Ένα κυβικό μέτρο είναι ο χώρος που καταλαμβάνει ένα κουτί με ένα μέτρο μήκος, ένα μέτρο πλάτος και ένα μέτρο ύψος.
Ο χώρος αυτός στο σύμπαν περιέχει ύλη και φως.



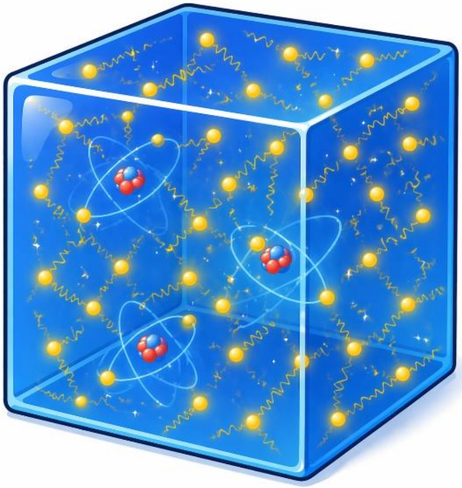
Το cosmic microwave background έχει θερμοκρασία 2,7 βαθμούς Κέλβιν που δείχνει την ενέργεια του φωτός σε κάθε κομμάτι χώρου στο σύμπαν. Ξέρουμε την ενέργεια που έχει κάθε φωτόνιο και υπολογίζεται ότι υπάρχουν 400 εκατομμύρια φωτόνια σε κάθε κυβικό μέτρο στο σύμπαν.



Η βαρυονική ύλη, τα πρωτόνια και νετρόνια είναι το 5% της πυκνότητας του σύμπαντος. Παίρνοντας το 5% της πυκνότητας βρίσκουμε τη μάζα της ύλης σε κάθε κυβικό μέτρο στο σύμπαν. Διαιρώντας με τη μάζα ενός πρωτονίου υπολογίζεται ότι υπάρχει ύλη περίπου το ένα τέταρτο του πρωτονίου σε κάθε κυβικό μέτρο στο σύμπαν.



Για κάθε ένα πρωτόνιο υπάρχουν ένα δισεκατομμύριο φωτόνια στο σύμπαν.
Υπάρχει πολύ λίγη ύλη όπως τον κόσμο γύρω μας και πολλή ακτινοβολία όπως το φως.



Όταν ενωθεί ύλη και αντιύλη παράγεται φως. Ένα ηλεκτρόνιο έχει αρνητικό φορτίο. Η αντιύλη του ηλεκτρονίου είναι ένα σωματίδιο που είναι το ίδιο με το ηλεκτρόνιο και έχει θετικό φορτίο, το ποζιτρόνιο.

Η αντιύλη του πρωτονίου που είναι θετικό, είναι ένα σωματίδιο που είναι ίδιο που έχει αρνητικό φορτίο το αντιπρωτόνιο. Η αντιύλη του κουάρκ είναι το αντικουάρκ.

Όταν συναντάται ύλη και αντιύλη δίνουν δύο ή πολλά φωτόνια. Ένα μέρος από το φως στο σύμπαν δημιουργήθηκε όταν συναντήθηκε ύλη και αντιύλη. Ένα μέρος από το φως στο σύμπαν δημιουργήθηκε από ζεύγη πρωτονίων-αντιπρωτονίων, ηλεκτρονίων- ποζιτρονίων, κουάρκ- αντικουάρκ.

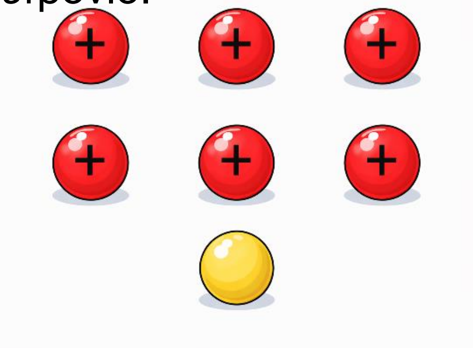
Για να υπάρχει ένα πρωτόνιο για κάθε ένα δισεκατομμύριο φωτόνια, σημαίνει ότι περίπου ένα σωματίδιο ύλης για κάθε ένα δισεκατομμύριο ζεύγη ύλης-αντιύλης δεν ζευγαρώθηκε.

Αυτό σημαίνει υπήρχαν περίπου 1 δισεκατομμύριο και 1 σωματίδια ύλης για κάθε 1 δισεκατομμύριο σωματίδια αντιύλης.

Περίπου ένα σωματίδιο ύλης για κάθε ένα δισεκατομμύριο δεν εξαυλώθηκε.
Η ελάχιστη ύλη που δεν εξαυλώθηκε και δεν έγινε φως δημιούργησε τους γαλαξίες, τα αστέρια και τους πλανήτες.

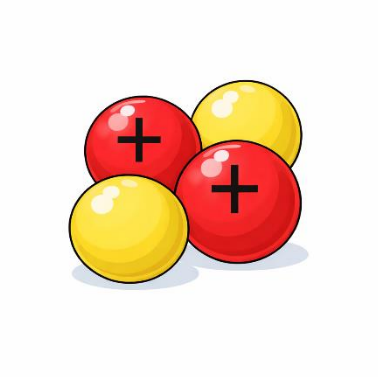
Το πρώτο ήλιο: Η ιστορία της πυρηνοσύνθεσης

Μετά την εξαΰλωση ύλης και αντιύλης, στο Σύμπαν έμεινε μια μικρή ποσότητα ύλης, κυρίως πρωτόνια και νετρόνια. Δεν υπήρχαν ακόμη βαριά στοιχεία ή άτομα. Τα πρωτόνια ήταν περισσότερα από τα νετρόνια, περίπου για κάθε 6 πρωτόνια υπήρχε 1 νετρόνιο.

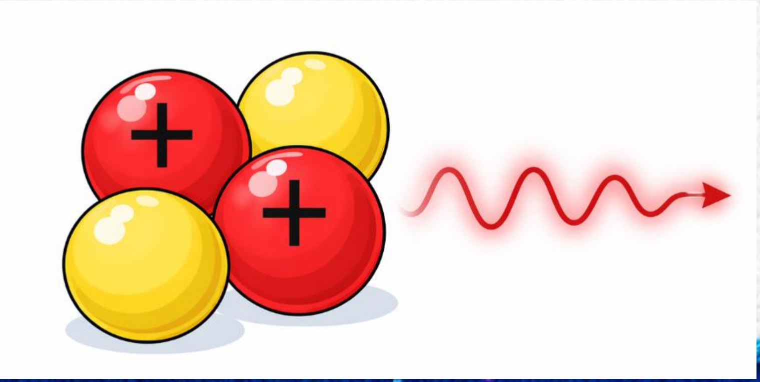


Καθώς το Σύμπαν άρχισε να κρυώνει, τα πρωτόνια και τα νετρόνια μπορούσαν να ενωθούν.

Επειδή τα νετρόνια ήταν λιγότερα από τα πρωτόνια, δεν μπορούσαν όλα τα πρωτόνια να ενωθούν με νετρόνια. Όταν 2 πρωτόνια και 2 νετρόνια ενώνονταν, δημιουργούσαν έναν πυρήνα ηλίου-4. Τα υπόλοιπα πρωτόνια που δεν βρήκαν νετρόνια έμειναν μόνα τους και αποτέλεσαν το υδρογόνο που υπάρχει σήμερα στο Σύμπαν.

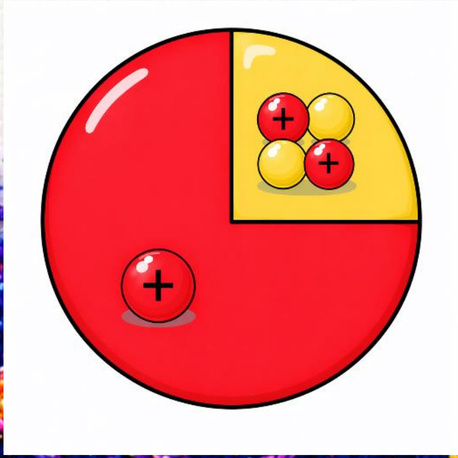


Μπορούμε να καταλάβουμε ότι έγινε η πυρηνοσύνθεση από το φως που φτάνει σε εμάς από το Σύμπαν. Κάθε στοιχείο, όπως το υδρογόνο και το ήλιο, εκπέμπει φως με έναν μοναδικό τρόπο, σαν υπογραφή. Μελετώντας αυτό το φως από τα αστέρια και τους γαλαξίες, οι επιστήμονες μπορούν να δουν πόσο ήλιο υπάρχει στο Σύμπαν.



Βρίσκουν ότι υπάρχει πάρα πολύ ήλιο, περίπου το ένα τέταρτο της συνολικής ύλης. Είναι τόσο μεγάλο αυτό το ποσοστό που δεν μπορεί να δημιουργήθηκε μόνο μέσα στα αστέρια.

Το ήλιο αυτό πρέπει να σχηματίστηκε πολύ νωρίς, λίγα λεπτά μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.

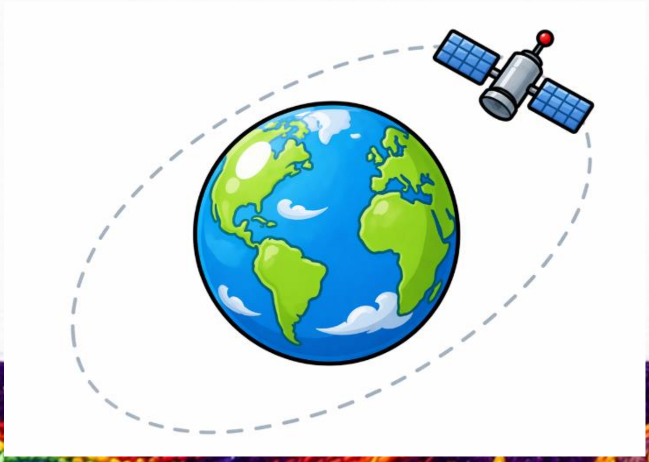


Σκοτεινή ύλη: Δεν την βλέπουμε αλλά βλέπουμε τα αποτελέσματα της

Όταν ένα μικρότερο αντικείμενο γυρίζει γύρω από ένα άλλο μεγαλύτερο, η ταχύτητά του μικρού αντικειμένου δείχνει πόση μάζα έχει το μεγαλύτερο σώμα.

Αν η μάζα του μεγάλου σώματος στο κέντρο είναι μικρή, η ταχύτητα του μικρού αντικειμένου που γυρίζει είναι μικρή.

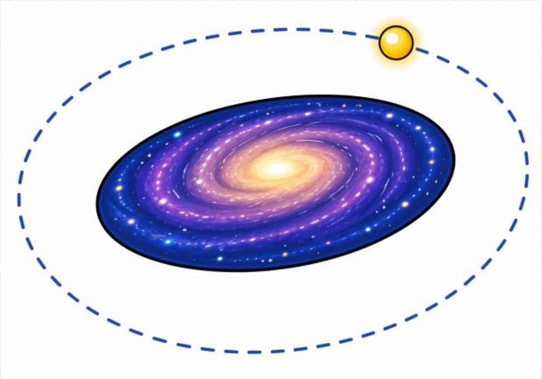
Αν η μάζα του σώματος στο κέντρο είναι μεγάλη, η ταχύτητα του αντικειμένου που γυρίζει είναι μεγάλη.



Ο λόγος που ξέρουμε ότι υπάρχει σκοτεινή ύλη είναι επειδή τα αστέρια στις άκρες των γαλαξιών κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι θα έπρεπε.

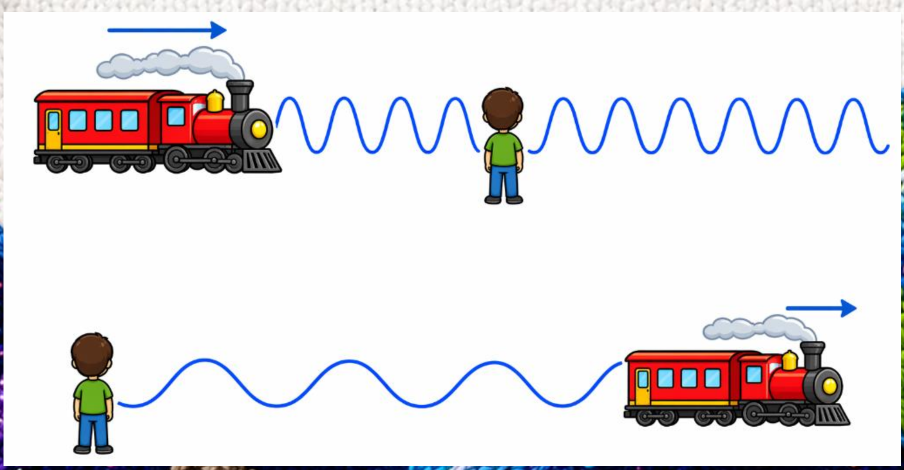
Για να έχουν τόσο μεγάλη ταχύτητα, χρειάζεται περίπου έξι φορές περισσότερη μάζα από αυτή που βλέπουμε.

Αυτή η επιπλέον, αόρατη μάζα που υπάρχει, προκαλεί τα αστέρια να κινούνται πιο γρήγορα αλλά δεν την βλέπουμε είναι η σκοτεινή ύλη.

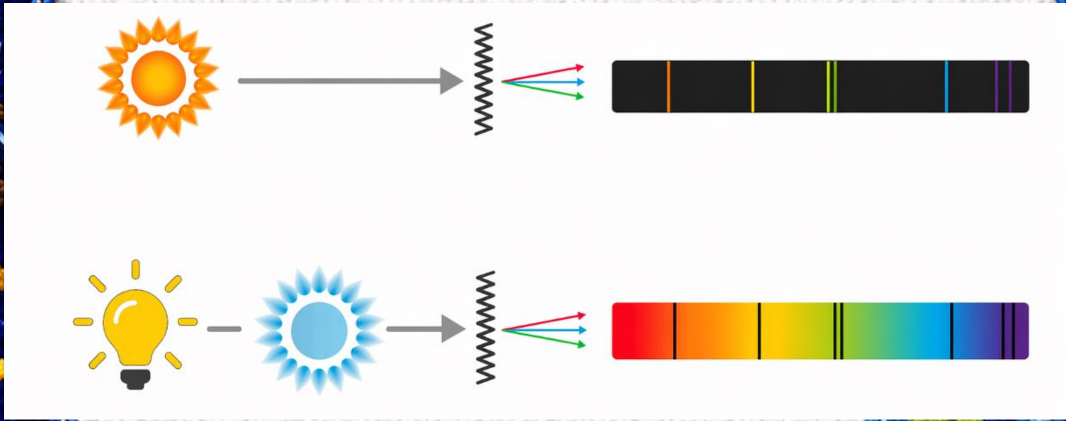


Μετατόπιση προς το ερυθρό: Το τέντωμα του κύματος δείχνει την ταχύτητα

Όταν ένα τρένο απομακρύνεται από εμάς καταλαβαίνουμε ότι απομακρύνεται επειδή αλλάζει ο ήχος του. Ο ήχος του τρένου αλλάζει επειδή το μήκος κύματος του ήχου μεγαλώνει και τεντώνεται. Από το πόσο τεντώνεται το κύμα του ήχου καταλαβαίνεις την ταχύτητα με την οποία απομακρύνεται. Την ίδια μέθοδο χρησιμοποιούν τα ραντάρ της αστυνομίας για να υπολογίζουν την ταχύτητα των αυτοκινήτων.



Κάθε χημικό στοιχείο στέλνει μοναδικό φως που είναι το ίδιο για το κάθε στοιχείο, σαν δακτυλικό αποτύπωμα. Το φως έχει είτε μαύρες γραμμές όταν είναι απορρόφηση φωτός, είτε φωτεινές γραμμές όταν είναι εκπομπή φωτός, σε συγκεκριμένα σημεία στο φάσμα του. Από το πού βρίσκονται οι γραμμές μπορούμε να καταλάβουμε ποιο χημικό στοιχείο στέλνει το φως.



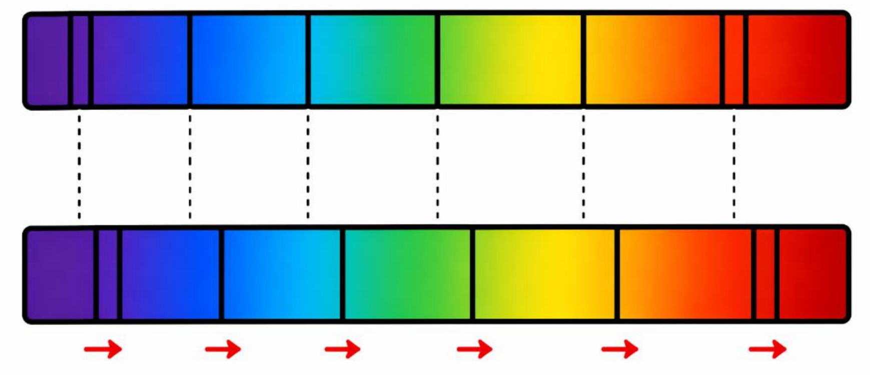
Το ίδιο που συμβαίνει με τον ήχο συμβαίνει επίσης με το φως.

Το φως από τους γαλαξίες φτάνει σε εμάς τεντωμένο.

Είναι τεντωμένο επειδή οι γραμμές απορρόφησης ή εκπομπής των στοιχείων είναι μετατοπισμένες προς τα δεξιά.

Αυτή η μετακίνηση των φασματικών γραμμών προς τα δεξιά ονομάζεται μετατόπιση προς το ερυθρό (redshift).

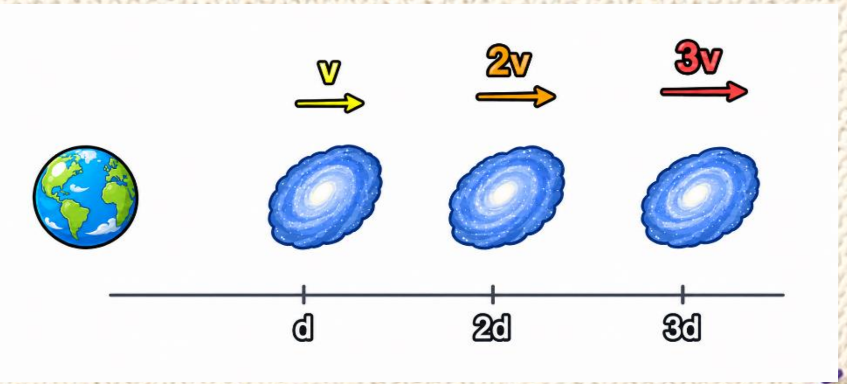
Όσο πιο δεξιά μετακινούνται οι γραμμές του φωτός, με τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα απομακρύνεται ο γαλαξίας.



Σκοτεινή ενέργεια: Η αόρατη ενέργεια που σπρώχνει τους γαλαξίες

Ένας γαλαξίας σε μια απόσταση απομακρύνεται με μια ταχύτητα.

Σε διπλάσια απόσταση απομακρύνεται με διπλάσια ταχύτητα. Σε τριπλάσια απόσταση απομακρύνεται με τριπλάσια ταχύτητα.
Με το redshift πόσο μετακινήθηκαν οι γραμμές στο φάσμα του φωτός βρίσκεις την ταχύτητα του γαλαξία, άρα βρίσκεις και την απόσταση του από εμάς.

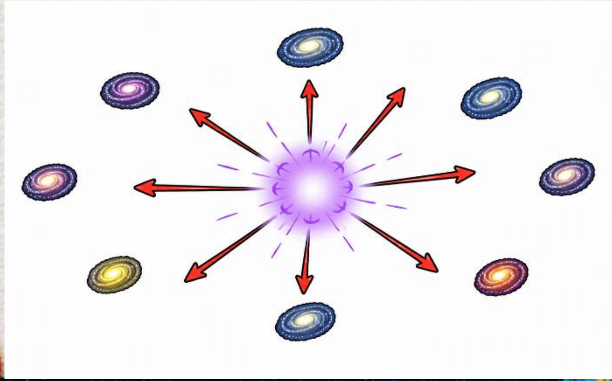


Αν γνωρίζουμε πόσο φωτεινό είναι στην πραγματικότητα ένα αντικείμενο, όσο πιο μακριά πηγαίνει, τόσο μικρότερο γίνεται.
Όπως γνωρίζουμε την απόσταση από μια λάμπα σε έναν δρόμο τη νύχτα από το πόσο μικρή φαίνεται. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να υπολογιστεί πόσο μακριά είναι ένα αστέρι.

Οι δύο μέθοδοι για τον υπολογισμό των μακρινών αστεριών supernova δεν συμφωνούν. Η μέθοδος της λάμπας δείχνει ότι τα αστέρια είναι πιο μακριά επειδή φαίνονται μικρότερα και η μέθοδος της μετατόπισης προς το ερυθρό (redshift) δείχνει ότι τα αστέρια supernova είναι πιο κοντά.

Αυτό σημαίνει ότι κάτι έχει σπρώξει τα αστέρια και τους γαλαξίες πιο μακριά.

Αυτό που τα έσπρωξε πιο μακριά είναι η σκοτεινή ενέργεια.

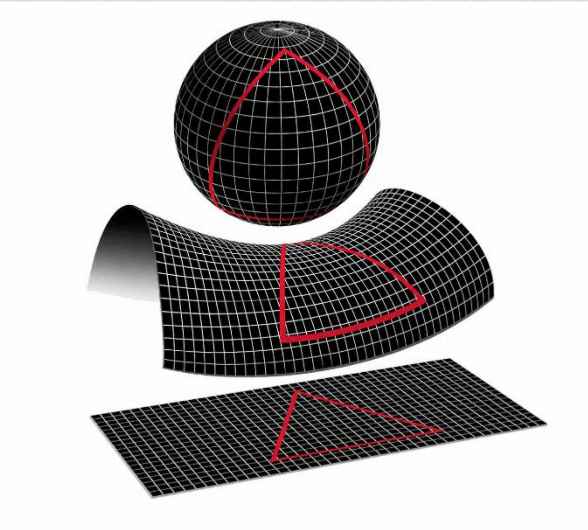


Γεωμετρία του Σύμπαντος: Το Σύμπαν έχει σχήμα

Αν η συνολική πυκνότητα του σύμπαντος είναι μεγαλύτερη από 1, τότε το σύμπαν έχει θετική καμπυλότητα σαν σφαίρα.

Αν η πυκνότητα του σύμπαντος είναι μικρότερη από 1, τότε το σύμπαν έχει αρνητική καμπυλότητα σαν σέλα.

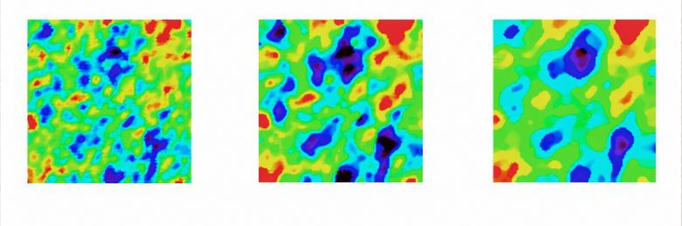
Αν η πυκνότητα του σύμπαντος είναι ίση με 1, τότε το σύμπαν είναι επίπεδο.



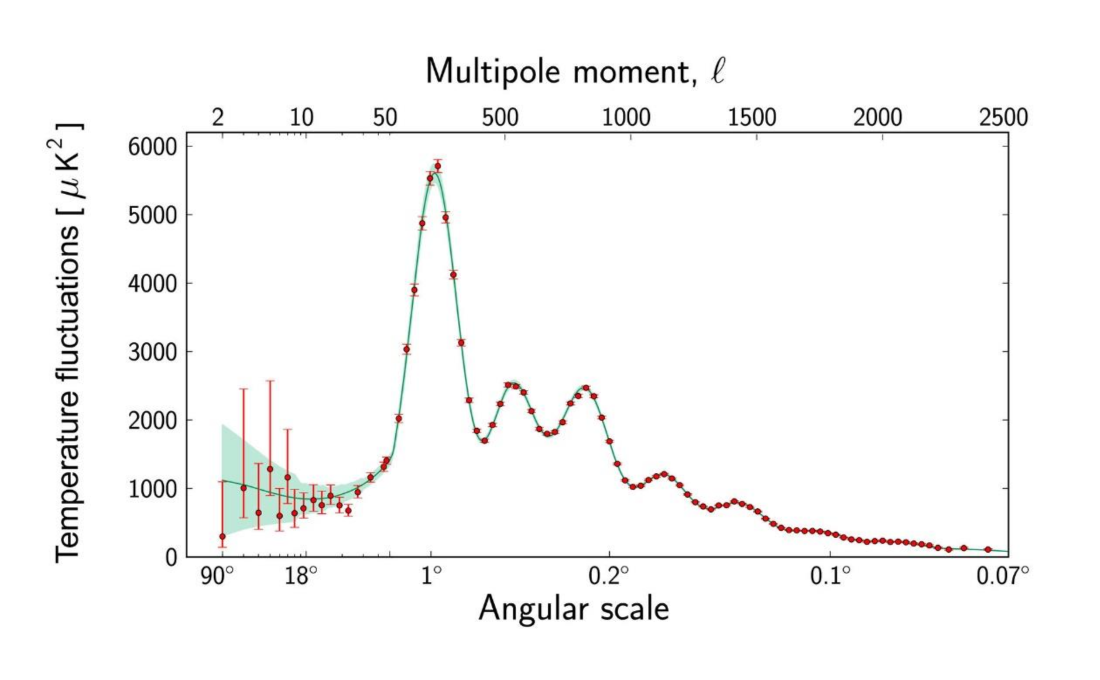
To Cosmic Microwave Background αποτελείται από μικρές διακυμάνσεις σαν τελείες με χρώματα στη θερμοκρασία.

Αν η κάθε τελεία είναι μεγαλύτερη από 1 μοίρα, τότε το σύμπαν είναι κλειστό σαν σφαίρα.
Μικρότερη από 1 μοίρα, τότε το σύμπαν είναι ανοιχτό σαν σέλα.

Ίση με 1 μοίρα, τότε το σύμπαν είναι επίπεδο.



Η θέση της πρώτης κορυφής του cosmic microwave background power spectrum δείχνει ότι η πρώτη κορυφή, το πρώτο όρος είναι στην μία μοίρα, άρα το σύμπαν είναι επίπεδο.

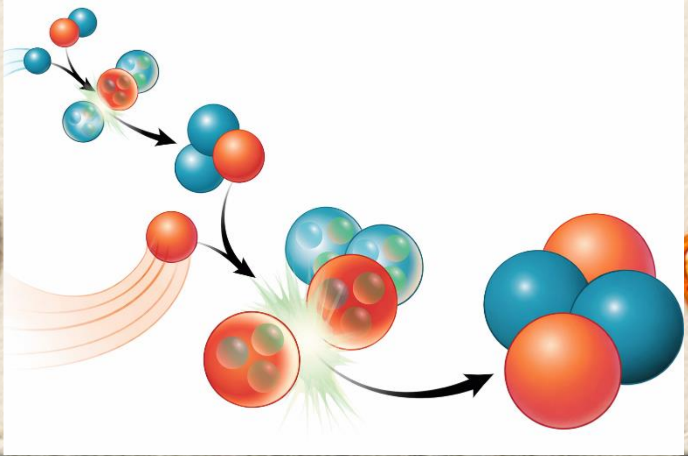


Ορατή και σκοτεινή ύλη και σκοτεινή ενέργεια: Τα υλικά του σύμπαντος

Γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα της ορατής ύλης από την πυρηνοσύνθεση είναι 0,05.

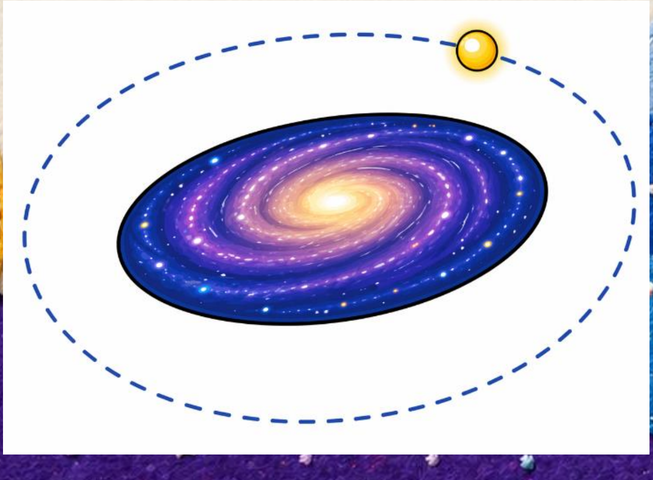
Αν υπήρχε περισσότερη ορατή ύλη, θα υπήρχε περισσότερο ήλιο στο σύμπαν.

Αν υπήρχε λιγότερη ορατή ύλη, θα υπήρχε λιγότερο ήλιο. Η ποσότητα ηλίου που υπάρχει σημαίνει πυκνότητα ορατής ύλης 0,05.



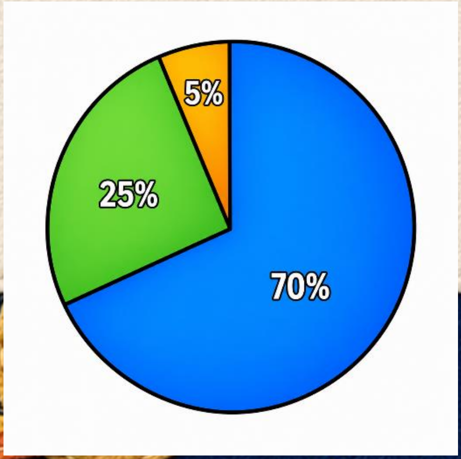
Γνωρίζουμε από την ταχύτητα των αστεριών ότι η ύλη που χρειάζεται για να έχουν τα αστέρια στον γαλαξία αυτή την ταχύτητα, χρειάζεται 6 φορές μεγαλύτερη μάζα από την ορατή ύλη που παρατηρούμε.

Έτσι, η πυκνότητα της ορατή ύλης είναι 0,05.
Η ορατή και η σκοτεινή ύλη μαζί είναι 6 φορές περισσότερη, 0,30.
Άρα για μόνο η σκοτεινή ύλη μόνη της, η πυκνότητα της σκοτεινής ύλης είναι πενταπλάσια από την ορατή, είναι 0,25.



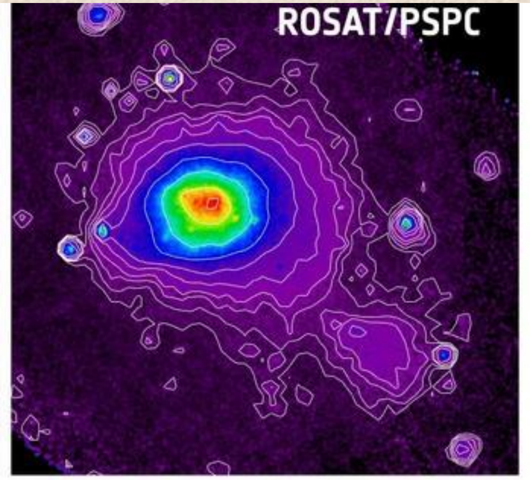
Γνωρίζουμε ότι το σύμπαν είναι επίπεδο από το μέγεθος των κουκίδων του cosmic microwave background, οπότε η πυκνότητά του είναι 1.
Η πυκνότητα της ορατής και της σκοτεινής ύλης είναι 0,30, οπότε για να γίνει 1 χρειάζεται 0,70 πυκνότητα σκοτεινής ενέργειας.

Έτσι, το σύμπαν αποτελείται από 5% ορατή ύλη, 25% σκοτεινή ύλη και 70% σκοτεινή ενέργεια.



Οι παρατηρήσεις ακτίνων Χ σε σμήνη γαλαξιών αποκαλύπτουν την ποσότητα του θερμού αερίου ανάμεσα στους γαλαξίες δηλαδή δείχνουν την μάζα της ορατής ύλης.

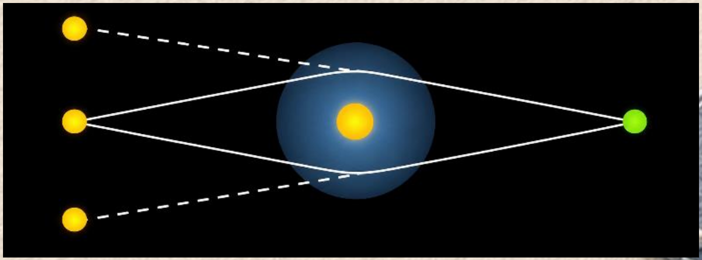
Μόλις γίνει γνωστή η μάζα αυτού του ορατού αερίου, οι επιστήμονες μπορούν να τη διαιρέσουν με τον όγκο του σμήνους για να εκτιμήσουν την πυκνότητα της ορατής ύλης στο σύμπαν.



Για την πυκνότητα της ορατής και της σκοτεινής ύλης μαζί, χρησιμοποιείται βαρυτικός εστιασμός για να υπολογιστεί η μάζα του σμήνους γαλαξιών.
Όταν το φως περνάει δίπλα από ένα σμήνος γαλαξιών, κάμπτεται, αλλάζει κατεύθυνση.

Όταν υπάρχει λιγότερη ύλη, κάμπτεται λιγότερο, ενώ με περισσότερη ύλη κάμπτεται περισσότερο.

Η κάμψη του φωτός δείχνει ότι υπάρχει 6 φορές μεγαλύτερη μάζα από την παρατηρούμενη μάζα.

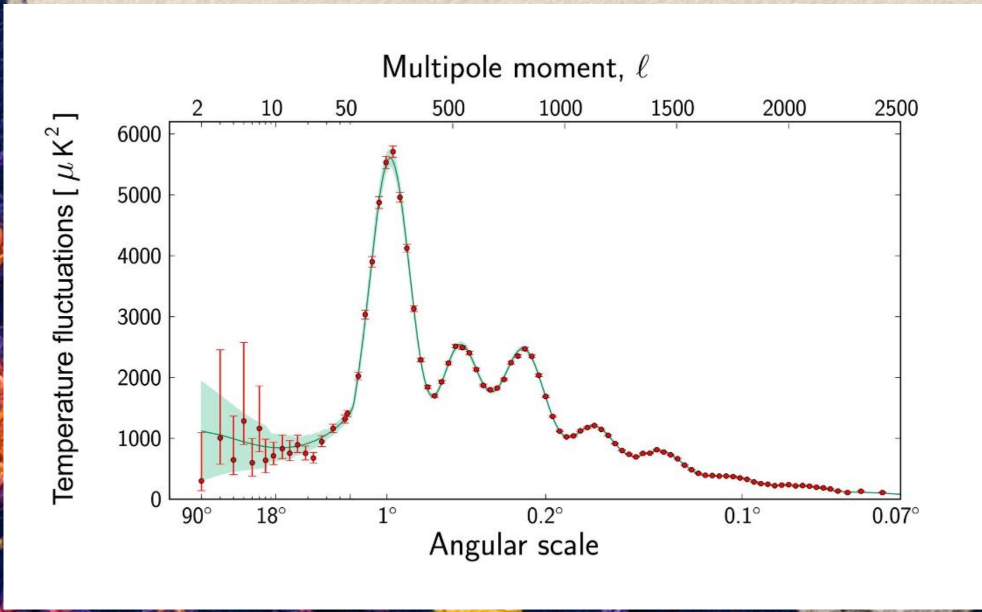


Η απόσταση μεταξύ των γαλαξιών
αλλάζει καθώς το σύμπαν διαστέλλεται.
Η σκοτεινή ενέργεια επιταχύνει αυτήν την διαστολή.
Εάν οι γαλαξίες απομακρύνονται μεταξύ τους γρηγορότερα από το αναμενόμενο, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει περισσότερη σκοτεινή ενέργεια.
Οι επιστήμονες παρατηρούν γαλαξίες από διαφορετικές χρονικές στιγμές στο παρελθόν και μετρούν τις θέσεις τους. Από το πώς άλλαξαν οι αποστάσεις με την πάροδο του χρόνου, μπορούν να εκτιμήσουν την πυκνότητα της σκοτεινής ενέργειας στο σύμπαν.

Η πυκνότητα της ορατής ύλης μπορεί να υπολογιστεί από την δεύτερη κορυφή του cmb power spectrum.

Αν η πυκνότητα της ορατής βαρυονικής ύλης ήταν περισσότερη η δεύτερη κορυφή θα ήταν λιγότερο ψηλή.

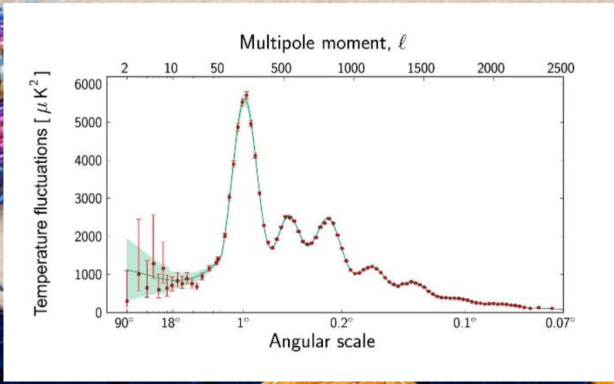
Αν η πυκνότητα ήταν μικρότερη η δεύτερη κορυφή θα ήταν πιο ψηλή.



Η πυκνότητα της συνολικής ύλης, της ορατής και σκοτεινής ύλης μαζί, μπορεί να υπολογιστεί από την πρώτη κορυφή του CMB power spectrum.

Αν η πυκνότητα της ύλης ήταν μεγαλύτερη, η πρώτη κορυφή θα ήταν χαμηλότερη.

Αν η πυκνότητα της ύλης ήταν μικρότερη, η πρώτη κορυφή θα ήταν υψηλότερη.



Η πυκνότητα της
συνολικής ύλης, της
ορατής και σκοτεινής ύλης
μαζί, μπορεί να υπολογιστεί
από την απόσταση μεταξύ των γαλαξιών.
Όταν μετρούν πάρα πολλά ζευγάρια γαλαξιών,
βρίσκουν μια μέση απόσταση 150 megaparsec.
Αν η πυκνότητα της ορατής και σκοτεινής ύλης
ήταν μεγαλύτερη οι γαλαξίες θα ήταν πιο κοντά.
Αν η πυκνότητα ήταν μικρότερη, η απόσταση
μεταξύ των γαλαξιών θα ήταν μεγαλύτερη.

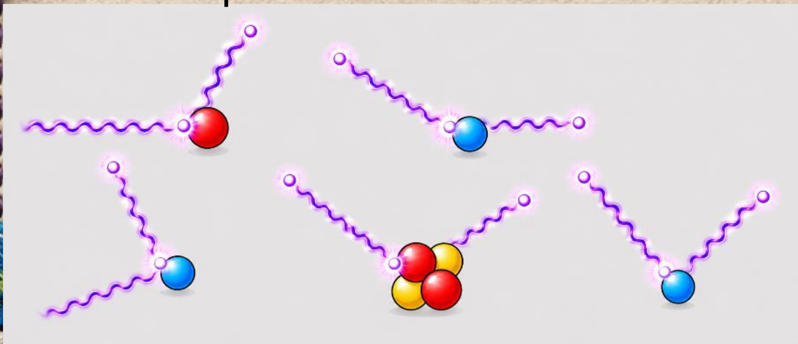
Τα πρώτα 380 000 χρόνια μετά το big bang: Το Σύμπαν ήταν μια καυτή φωτεινή ομίχλη

Μετά την πυρηνοσύνθεση, πυρηνικές αντιδρασεις σε όλο το σύμπαν που δημιούργησαν το ήλιο, το Σύμπαν είχε πυρήνες υδρογόνου και ηλίου, ελευθερα ηλεκτρονια που δεν ήταν ενωμένα με τους πυρήνες υδρογόνου και ηλίου και φωτόνια.

Τα ηλεκτρόνια δεν μπορούσαν να κάνουν κύκλους γύρω από τους πυρήνες υδρογόνου και ηλίου και να δημιουργήσουν άτομα επειδή όλα τα σωματίδια κινούνταν πολύ γρήγορα και τα φωτόνια κτυπούσαν με μεγάλη ενέργεια στα ηλεκτρόνια.

Τα φωτόνια στο σύμπαν δεν μπορούσαν να ταξιδέψουν σε ευθεία γραμμή όπως σήμερα. Τα φωτόνια κτυπούσαν συνεχώς σε άλλα σωματίδια στους πυρήνες υδρογόνου και ηλίου και κυρίως κτυπούσαν στα ηλεκτρόνια. Ετσι τα φωτόνια άλλαζαν συνεχώς κατεύθυνση λόγω των συγκρούσεων.

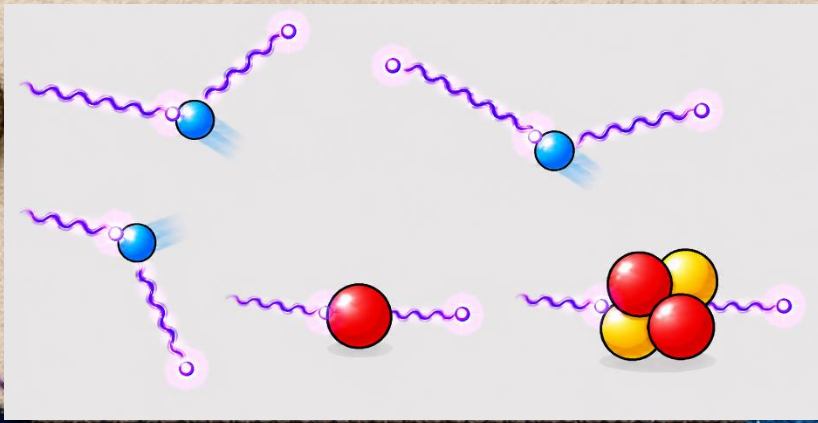
Γι’ αυτό το φως ήταν παγιδευμένο μέσα στο καυτό Σύμπαν.



Το ηλεκτρόνιο, επειδή είναι ελαφρύ, κουνιέται πολύ και στέλνει πιο εύκολα το φως προς άλλη κατεύθυνση.

Το πρωτόνιο, επειδή είναι βαρύ, κουνιέται πολύ λίγο και σκεδάζει το φως πολύ πιο δύσκολα.

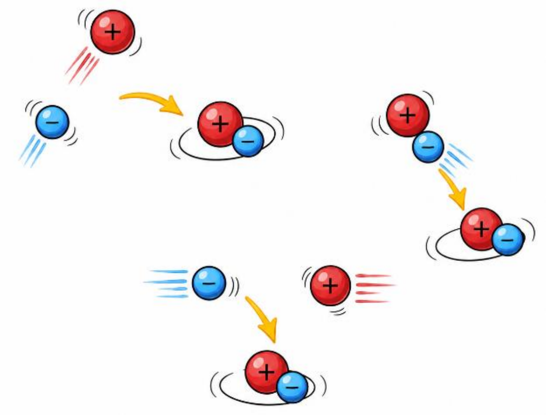
Για αυτό τα φωτόνια δεν ανακλούνταν κυρίως από τους πυρήνες υδρογόνου και ηλίου και ανακλούνταν κυρίως από τα ηλεκτρόνια.



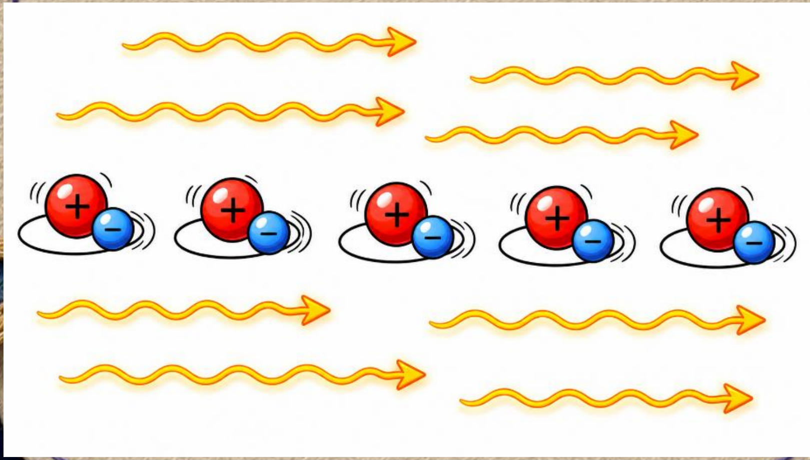
Επανασύνδεση: Όταν το φως ελευθερώθηκε

Τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια δεν μπορούσαν να δημιουργήσουν άτομα και τα ηλεκτρόνια ήταν ελεύθερα.

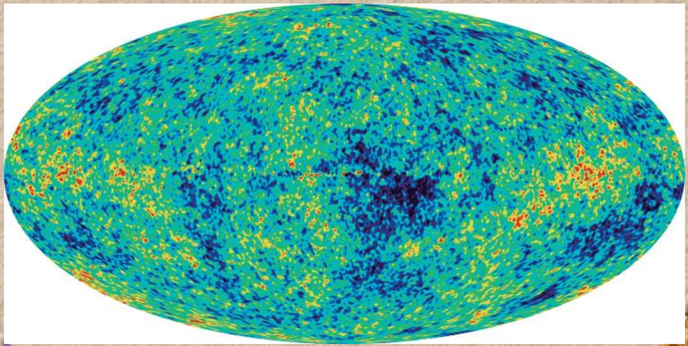
Με την διαστολή του σύμπαντος η θερμοκρασία των ηλεκτρονίων και φωτονίων έπεσε και 380 000 χρόνια μετά το big bang τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια σχημάτισαν τα πρώτα άτομα.



Τα ηλεκτρόνια σταμάτησαν να είναι ελεύθερα και δεσμεύτηκαν στα άτομα. Τα φωτόνια σταμάτησαν να κτυπούν στα ηλεκτρόνια και μπορούσαν να ταξιδέψουν σε ευθεία γραμμή και το φως απελευθερώθηκε.

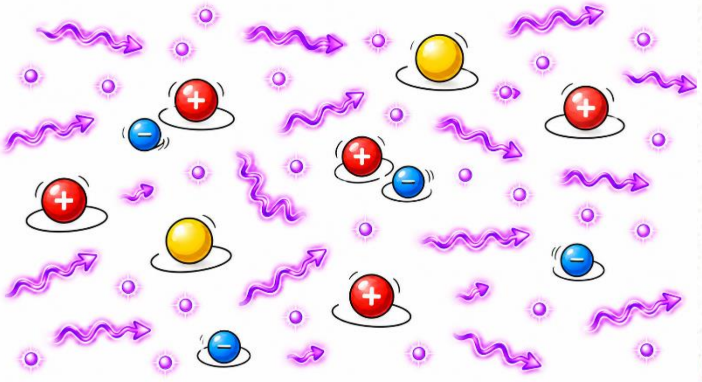


Ο αριθμός των ηλεκτρονίων έμεινε ίδιος, αλλά όταν ένα ηλεκτρόνιο είναι μέσα σε άτομο είναι πολύ πιο δύσκολο να αλληλεπιδράσει με ένα φωτόνιο.
Εκείνο το φως που απελευθερώθηκε ταξιδεύει μέχρι σήμερα και υπάρχει παντού στο σύμπαν, είναι το cosmic microwave background.

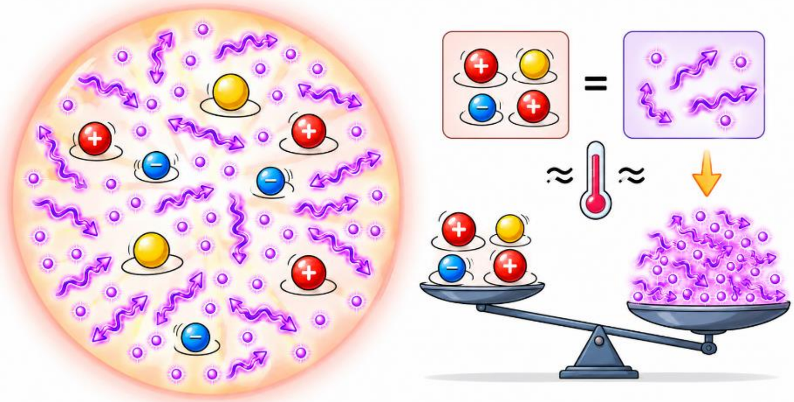


Οι Τρεις Εποχές Επικράτησης της Ενεργειακής Πυκνότητας στο Σύμπαν: Ακτινοβολία, Ύλη και Σκοτεινή ενέργεια

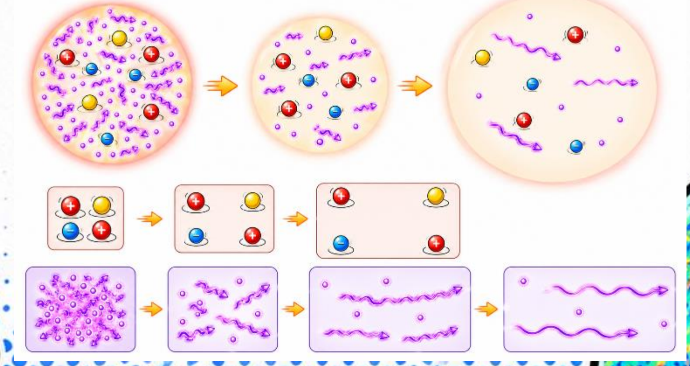
Μετά τη Μεγάλη Έκρηξη υπήρχαν ύλη και ακτινοβολία. Η ύλη ήταν πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια και η ακτινοβολία φωτόνια. Για κάθε πρωτόνιο ή νετρόνιο υπήρχαν περίπου ένα δισεκατομμύριο φωτόνια. Επειδή τα φωτόνια ήταν τόσο πολλά και είχαν πολύ μεγάλη ενέργεια, η ακτινοβολία κυριαρχούσε στην ενεργειακή πυκνότητα του Σύμπαντος.



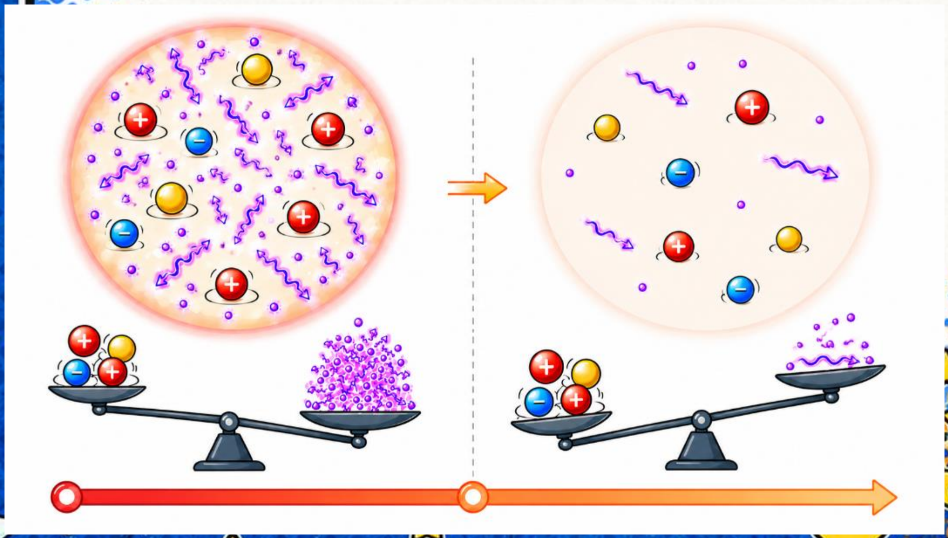
Στην αρχή, ύλη και ακτινοβολία είχαν την ίδια θερμοκρασία, επειδή βρίσκονταν σε θερμική ισορροπία. Όμως η συνολική ενέργεια της ακτινοβολίας ήταν μεγαλύτερη, γιατί τα φωτόνια ήταν πάρα πολλά και το καθένα είχε μεγάλη ενέργεια. Στην πυκνότητα ενέργειας στην αρχή του σύμπαντος κυριαρχούσε η ακτινοβολία, τα φωτόνια.



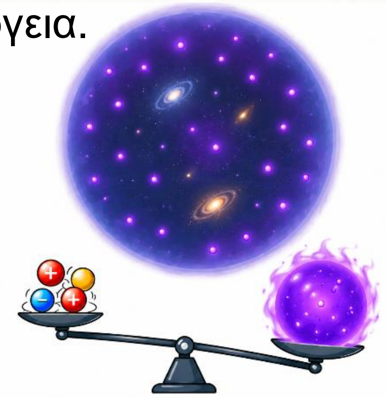
Με τη διαστολή του Σύμπαντος τόσο η ύλη όσο και η ακτινοβολία έγιναν λιγότερο πυκνές. Όμως τα φωτόνια δεν έγιναν μόνο πιο αραιά, αλλά αυξήθηκε και το μήκος κύματός τους, με αποτέλεσμα να μειωθεί η ενέργειά τους. Έτσι, για την ύλη και την ακτινοβολία η ενέργεια μειώθηκε επειδή απλώθηκαν σε μεγαλύτερο μήκος, πλάτος και ύψος. Όμως για την ακτινοβολία μειώθηκε επίσης και η ενέργεια του κάθε σωματιδίου φωτός.



Επειδή η πυκνότητα ενέργειας της ακτινοβολίας μειωνόταν πιο γρήγορα, περίπου 50 000 χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η πυκνότητα της ύλης έγινε μεγαλύτερη από την πυκνότητα της ακτινοβολίας. Από 50 000 μέχρι 9 δισεκατομμύρια χρόνια μετά το big bang κυριαρχούσε η ύλη, αλλά η πυκνότητα της ύλης μειωνόταν με την αύξηση του όγκου του σύμπαντος.

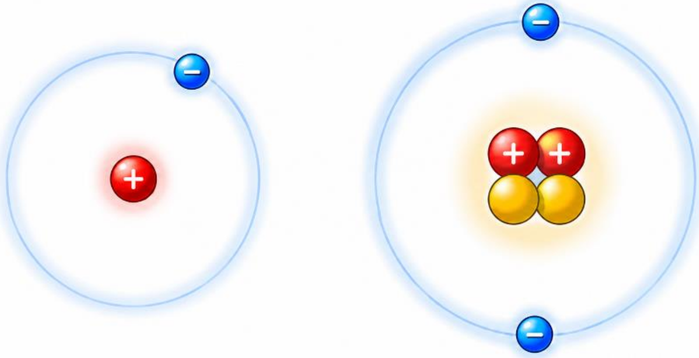


9 δισεκατομμύρια χρόνια μετά το big bang κυριάρχησε η σκοτεινή ενέργεια επειδή η πυκνότητα της σκοτεινής ενέργειας δεν μειώνεται με την διαστολή του σύμπαντος. Η πυκνότητα της ύλης μειώνεται με την αύξηση του όγκου του σύμπαντος, αλλά η πυκνότητα της σκοτεινής ενέργειας δεν μειώνεται και σήμερα κυριαρχεί η σκοτεινή ενέργεια.



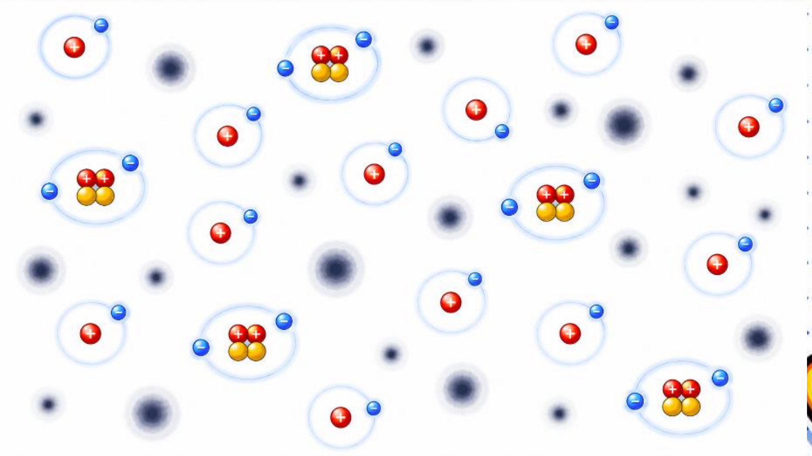
Οι Σκοτεινοί Αιώνες: Πριν δημιουργηθούν αστέρια

Στην επανασύνδεση 380 000 χρόνια μετά το big bang όταν το Σύμπαν κρύωσε αρκετά, τα ηλεκτρόνια άρχισαν να ενώνονται με τους πυρήνες. Ένα πρωτόνιο έπαιρνε ένα ηλεκτρόνιο και γινόταν άτομο υδρογόνου. Ένας πυρήνας ηλίου έπαιρνε δύο ηλεκτρόνια και γινόταν άτομο ηλίου.



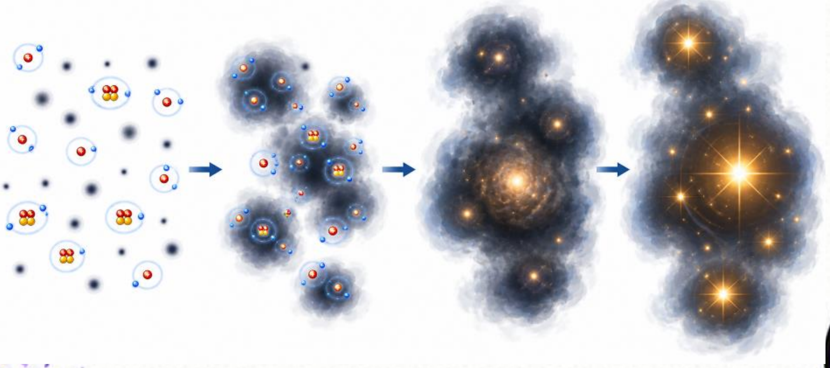
Το Σύμπαν ήταν γεμάτο κυρίως με υδρογόνο, ήλιο και σκοτεινή ύλη, αλλά δεν υπήρχαν αστέρια για να το φωτίζουν. Γι’ αυτό αυτή η περίοδος λέγεται Σκοτεινοί Αιώνες.

Δεν ήταν σκοτεινή επειδή δεν υπήρχε καθόλου φως. Ήταν σκοτεινή επειδή δεν υπήρχαν ακόμη φωτεινά άστρα.



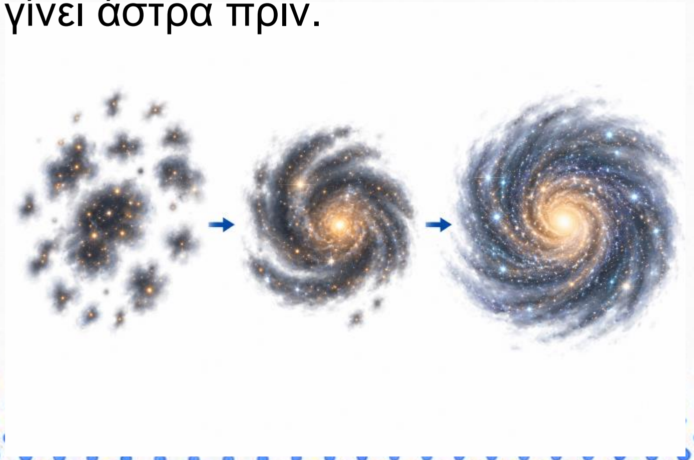
Η εποχή των πρώτων άστρων: Όταν μαζεύτηκαν τα αέρια

Σιγά-σιγά, η βαρύτητα άρχισε να μαζεύει την ύλη σε μεγαλύτερα σύννεφα. Μέσα σε αυτά τα σύννεφα, η ύλη συμπιέστηκε, ζεστάθηκε και κάποια στιγμή άναψαν τα πρώτα άστρα. Όταν γεννήθηκαν τα πρώτα άστρα, οι Σκοτεινοί Αιώνες τελείωσαν και το Σύμπαν άρχισε να φωτίζεται.



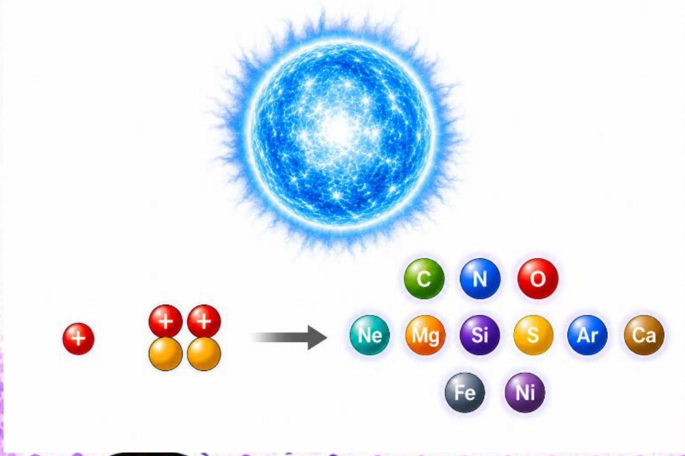
Οι πρώτοι γαλαξίες: Η συγκέντρωση της ύλης

Η βαρύτητα τραβούσε πολλά άστρα μαζί και έτσι σχηματίστηκαν οι πρώτοι γαλαξίες. Μέσα στους γαλαξίες γεννιούνταν συνεχώς νέα άστρα, επειδή λόγω της βαρύτητας συμπιέζονταν αέρια που δεν είχαν γίνει άστρα πριν.



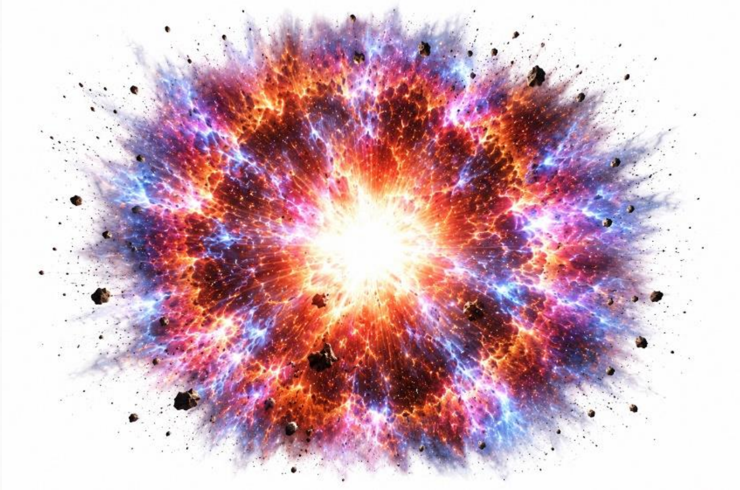
Μερικά άστρα ήταν πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο και ζούσαν για μικρό χρονικό διάστημα. Όσο μεγαλύτερο το αστέρι τόσο λιγότερο ζει.

Τα μεγάλα αστέρια όπως όλα τα αστέρια ήταν από υδρογόνο και ήλιο, αλλά λόγω των πυρηνικών αντιδράσεων τους δημιουργούσαν βαρύτερα στοιχεία από το υδρογόνο και ήλιο.

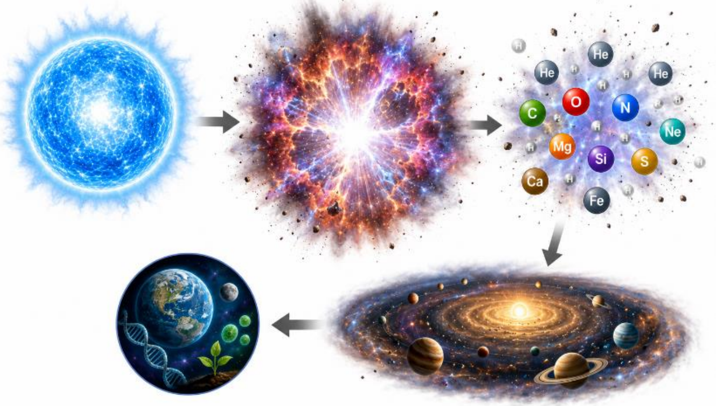


Όταν αυτά τα τεράστια άστρα τελείωναν τη ζωή τους, προκαλούσαν γιγάντιες εκρήξεις που ονομάζονται supernova.

Οι εκρήξεις αυτές δημιουργούσαν και εκτόξευαν στο Σύμπαν βαριά χημικά στοιχεία, όπως ο άνθρακας, το οξυγόνο και ο σίδηρος.



Από αυτά τα βαριά στοιχεία που δημιουργήθηκαν στα αστέρια και διασκορπίστηκαν στο σύμπαν από τις εκρήξεις των αστεριών, σχηματίστηκαν αργότερα οι πλανήτες και δημιουργήθηκε η ίδια η ζωή.



Γιατί η σχολική και η πανεπιστημιακή φυσική πρέπει να συνδεθεί με χρήσιμα προϊόντα της αγοράς, για να δημιουργηθεί οικοσύστημα και καλές δουλειές για απόφοιτους φυσικής

Πολύ λίγοι μαθητές στην Ελλάδα και Κύπρο βάζουν την φυσική σαν πρώτη επιλογή στο πανεπιστήμιο και οι περισσότεροι φοιτητές φυσικής δεν το είχαν σαν πρώτη επιλογή.

Στα πανεπιστήμια της Ελλάδας στα τμήματα φυσικής αλλού πήραν τους μισούς φοιτητές, το ένα τρίτο και το ένα πέμπτο των φοιτητών φυσικής που θα έπρεπε να πάρουν.

Γιατί κάποιος να σπουδάσει το πιο δύσκολο πτυχίο, φυσική και μετά να μείνει άνεργος;

Για να σπουδάζουν φυσική πρέπει να δοθούν incentives κίνητρα για να σπουδάζουν φυσική.

Δεν πρέπει να δοθούν κίνητρα για να σπουδάζουν φυσική απλά για να έχει φοιτητές φυσικής.

Πρέπει να δοθούν κίνητρα για να σπουδάζουν φυσική γιατί όταν βρίσκουν δουλειά οι φυσικοί σημαίνει το σύστημα είναι παραγωγικό η οικονομία είναι καλή και δίνει δουλειά σε παραγωγικούς.

Όπως είναι το σύστημα στην Ελλάδα και Κύπρο, το σύστημα δεν είναι παραγωγικό και δεν δίνει δουλειά σε παραγωγικούς.

Θα μπορούσαν να γίνουν αλλαγές στο πως διδάσκεται η φυσική στο σχολείο, για να γίνουν οι φυσικοί, μαθηματικοί, επιστήμονες και engineers μηχανικοί καλύτεροι και πιο ανταγωνιστικοί.

Όλα τα μαθήματα φυσικής, όλες οι διαλέξεις θα μπορούσαν να είναι σε videos στο internet ώστε να τα βλέπει όποιος μαθητής όποιας ηλικίας θέλει αντί να πρέπει να πας σε συγκεκριμένη τάξη για να μάθεις κάτι.

Θα μπορούσε να διδάσκεται χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python στην φυσική του σχολείου για ανάλυση δεδομένων.

Κατασκευή πραγμάτων που κινούνται στο μάθημα φυσικής του σχολείου όπως πύραυλοι, drones και διάφορα ηλεκτρονικά με Arduino.

Εκμάθηση της ιστορίας της επιστήμης και της ιστορίας της φυσικής στο μάθημα της φυσικής του σχολείου.

Κατανόηση του που εφαρμόζονται πρακτικά στην τεχνολογία οι θεωρίες της φυσικής και των επαγγελμάτων που χρησιμοποιούν φυσική όπως διάφοροι κλάδοι μηχανικής engineering.

Μελέτη μεγαλύτερης ποικιλίας θεμάτων φυσικής πέρα από την κλασική φυσική, όπως η κβαντική, η σωματιδιακή, η πυρηνική, η ατομική, η ειδική και γενική σχετικότητα, η αστροφυσική, η ιατρική φυσική και η φυσική της συμπυκνωμένης ύλης.

Οι μαθητές να μαθαίνουν μεγαλύτερη ποικιλία φυσικής και όχι σχεδόν μόνο κλασική φυσική ώστε να γνωρίζουν τι μελετά η φυσική για να δουν αν θα την σπουδάσουν και αν θα την δουλέψουν.

Η κλασική φυσική που μαθαίνουν στο σχολείο είναι 250 χρονών.

Διδασκαλία πιο ενδιαφέρουσας και πιο διασκεδαστικής φυσικής και φυσικής με εφαρμογές και πως χρησιμοποιείται σε μηχανήματα.

Εκμάθηση προγραμμάτων όπως Maple και Mathematica για επίλυση εξισώσεων και προβλημάτων στην φυσική.

Χρήση προγραμματισμού για λύση προβλημάτων φυσικής και δημιουργία προσομοιώσεων με χρήση προγραμματισμού γ
επίλυση προβλημάτων φυσικής.